

УДК 321.30.66

**В.М. Пестунов, проф., канд. техн. наук, О.С. Стеценко, доц., канд. техн. наук**  
*Кіровоградський національний технічний університет*

## Підсилювачі потужності в механізмах подачі технологічного устаткування

В статті приводяться конструкції і принципи дії механізмів подачі з підсилювачами потужності, які забезпечують високу продуктивність і точність обробки деталей на багатоопераційних верстатах, агрегатних системах і силових головках.

**муфта, підсилювач потужності, формоутворення, кінематичний ланцюг подачі, силова головка, шпіндель, піноль, адаптивне управління**

**Вступ.** Під механізмами підсилювачами потужності треба розуміти приводи машин, які складаються із силового і управляючого двигунів із відповідними управляючим і силовим кінематичними ланцюгами, підпорядкованими загальною системою управління.

Механізми подачі, в загальному розумінні, вміщують в собі двигун, кінематичний ланцюг, з'єднуючий його із виконуючим органом і систему управління.

Традиційна функція механізму подачі полягає в тому, щоб відтворити одну або кілька елементарних складових складного руху формоутворення. Оскільки процес формоутворення повинен забезпечити кінематику утворення заданої поверхні і подолати опір матеріалу при обробці, то всі кінематичні ланцюги і виконавчі органи, які забезпечують процес обробки, виконують дві головні функції – силову і кінематичну. Але ці функції знаходяться у протиріччі і виконання механізмами подачі силових функцій погіршує умови виконання ними кінематичних функцій процесу формоутворення. Спроби часткового розподілу цих функцій шляхом традиційного переходу до чорнових і чистових процесів формоутворення входять у протиріччя з вимогами гнучких технологій і багатоопераційних верстатів. Це пояснюється тим, що на вищезазначених верстатах чорнові і чистові операції виконуються на одному і тому ж устаткуванні.

**Актуальність проблеми.** Все це викликало необхідність пошуку нових шляхів вирішення протиріччя між навантаженням і точністю.

Задача полягає в тому, щоб при заданих умовах і режимах обробки створити такі умови навантаження виконавчих органів і кінематичних ланцюгів, які б змогли забезпечити максимально можливе покращення вихідних характеристик верстатів і їх точності.

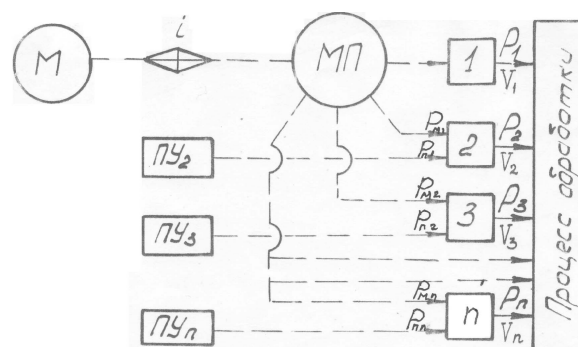
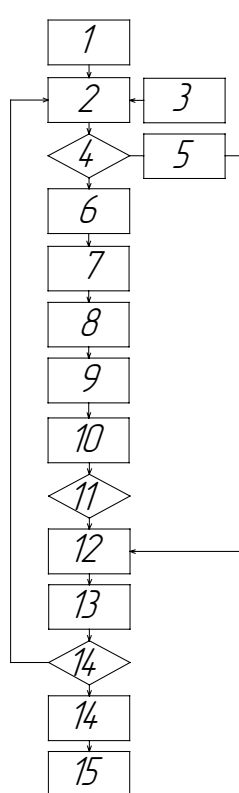


Рисунок 1 – Схема приводу з механічним підсилювачем потужності



Рисунок 2 — Класифікація механізмів подачі, які працюють як накопичувачі потужності



1. Вихідні дані, задача проектування;
2. Службове призначення привода, його технічна характеристика;
3. Традиційні методи вирішення задачі;
4. Вирішення задачі традиційним шляхом;
5. Розробка технічного проекту;
6. Вибір силового ланцюга;
7. Вибір режиму навантаження управляючого ланцюга (механізму подачі);
8. Вибір управляючого ланцюга;
9. Розробка структурної схеми і оцінка умов навантаження виконавчих органів;
10. Розробка технічного проекту;
11. Оцінка результату;
12. Розробка технічного проекту;
13. Виготовлення і випробування;
14. Оцінка результату;
15. Впровадження в практику

Рисунок 3 — Алгоритм проектування механізму подачі, що працює в режимі підсилювача потужності

**Основна частина.** Цій умові відповідають механізми подачі, в тому числі і напрямні, які працюють в режимі механічних підсилювачів потужності. Узагальнена схема, яка охоплює такий привід показана на рис. 1.

На схемі  $M$  – електродвигун силового ланцюга;

$i$  – передавальний механізм;

$МП$  – механізм управління потоками потужності;

На (рис.3)  $1,2\dots n$  – виконавчі органи приводу формоутворення в процесі обробки;

$ПУ_2, ПУ_3\dots ПУ_n$  – програмне управління джерелом руху або гальмівний пристрій ланцюга;

$P_1V_1, P_2V_2\dots P_nV_n$  – параметри руху формоутворення по складових.

Із приведеної схеми можна зробити висновок, що виконавчі органи  $2,3\dots n$ , які сприймають технологічне навантаження  $P_2, P_3\dots P_n$  знаходяться під силовим навантаженням механізму у правління потоками потужності (МП) і відповідного програмуючого пристрою. Тому кожний такий виконавчий орган (наприклад 2), який працює в режимі механічного підсилювача потужності, може виконувати свої функції процесу формоутворення при одному із можливих співвідношень сил:

$$P_{M1} > P_2.$$

При такому режимі механізм  $ПУ_2$  повинен виконувати гальмівні функції.

$$P_{M1} < P_2.$$

При такому режимі механізм  $ПУ_2$  виконує звичайні функції, але із частковим розвантаженням від сил різання.

$$P_{M1} = P_2$$

При такому режимі механізм  $ПУ_2$  втрачає силові функції.

Механізми подачі, які працюють в режимі підсилювачів потужності можна класифікувати по виконанню, по режиму роботи, по типу силового і управляючого привода і ін. (рис. 2). На рис. 3 приведено алгоритм проектування механізму подачі, який працює в режимі підсилювача потужності.

У відповідності з приведеними класифікацією і алгоритмом проектування в статті розглянуті схеми і конструкції механізмів подачі працюючих в режимі підсилювачів потужності.

Схема привода, який працює в режимі механічного підсилювача потужності, який здійснює рух подачі, приведено на рис. 4.

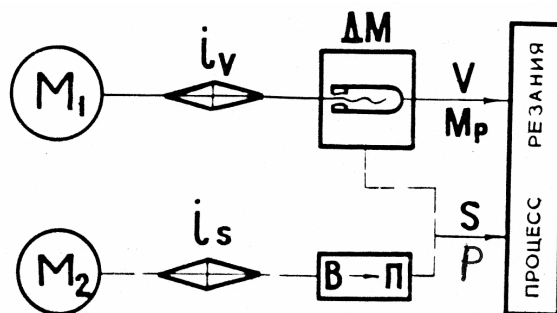


Рисунок 4 – Схема привода подачі, який працює в режимі підсилювача потужності

Від електродвигуна  $M_1$  через передаточний механізм  $iv$ , в якому знаходиться ланцюг настройки, рух передається диференціальному механізму (ланцюг ДМ), виконаному у вигляді несамогальмівної гвинтової передачі. Другий вихідний ланцюг диференціального механізму з'єднаний з приводом подачі, який сприймає технологічне навантаження ( $P$ ). Управляючий двигун ( $M_2$ ) через передаточний механізм ( $is$ ), що вміщує в собі ланцюг настройки, через механізм перетворення обертального руху в поступальний ( $B \rightarrow П$ ), передає рух виконавчому органу механізму подачі, виконуючи кінематичні функції.

На рис. 6 приведена діаграма, на якій показано як змінюється структурна схема привода рухів формоутворення в залежності від функціонального призначення системи управління. Із діаграми витікає, що привід руху формоутворення синтезований на основі підсилювачів потужності охоплює великий діапазон технологічних завдань.

Кінематична схема силової головки агрегатного верстата, показана на рис. 5, розроблена по структурній схемі 2.1 (дивись рис.7). Робота механізму подачі силової головки в режимі підсилювача потужності забезпечує зниження навантаження пружної деформації напрямних пінолі і на цій основі підвищує точність і надійність.

Шпіндель 1, установлений на підшипниках в пінолі, яка по циліндричних напрямних переміщається в корпусі. На пінолі закріплена гайка 2, яка через гвинт 3 і шестерні 5, 6, 7 має зв'язок із електродвигуном 4.

Головний обертальний рух шпіндель 1 одержує від електродвигуна 14 через шестерні 12-13, 10-11 і несамогальмівну гвинтову передачу 9-8. В процесі обробки крутний момент навантаження, який передається гвинтовою парою 9-8, викликає осьову силу  $P$ , яка частково компенсує технологічне навантаження ( $P_x$ ). Пружна деформація напрямних пінолі, яка вимірюється датчиком 18, утворює сигнал, який подається в порівнюючий пристрій 16, куди одночасно подається програмуючий сигнал із пристрою 17.

Результуючий сигнал через управляючий пристрій 15 змінює передаточне відношення гвинтової передачі 8-9, змінюючи тим самим співвідношення сил  $P$  і  $P_1$  і деформацію напрямних, утримуючи її в допустимих межах.

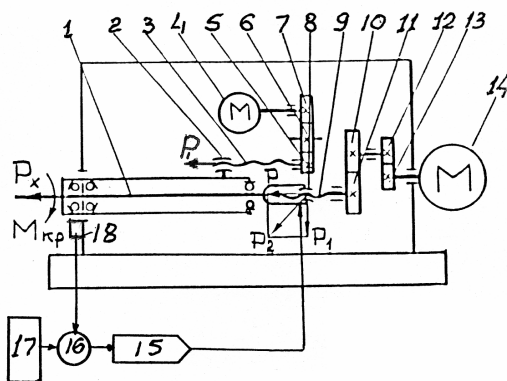


Рисунок 5 — Кінематична схема силової головки агрегатного верстата

Таким чином, забезпечується адаптивне управління величиною навантаження і пружною деформацією напрямних пінолі, що приводить до підвищення їх точності. На рис. 7 приведено механізм подачі силового столу агрегатних верстатів і автоматичних ліній, який працює в режимі підсилювача потужності. На напрямних корпуса 7 встановлено стіл 6. В корпусі розташовані всі механізми привода.

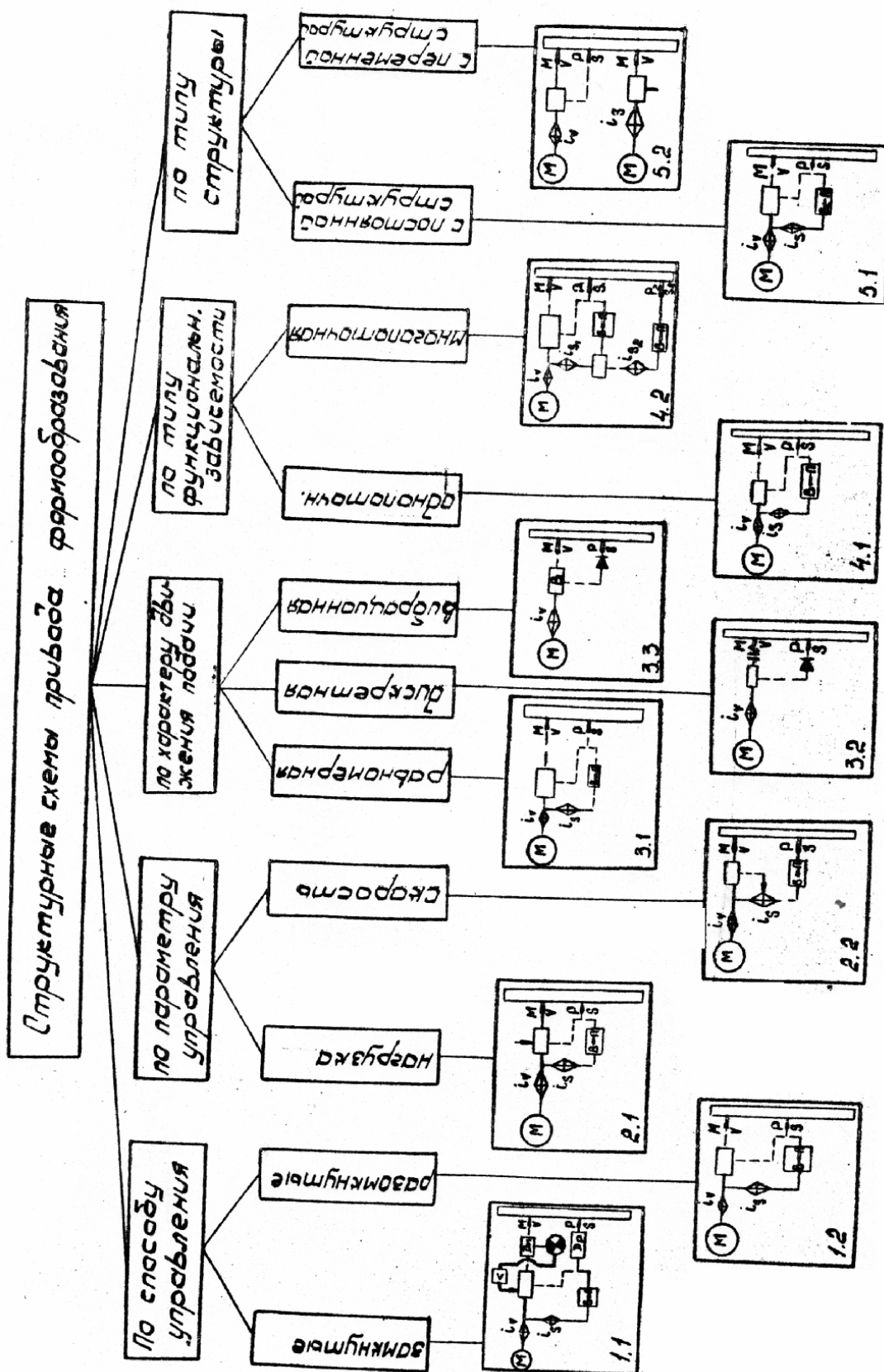


Рисунок 6 — Діаграма зміни структурної схеми привода подачі в залежності від функціонального призначення

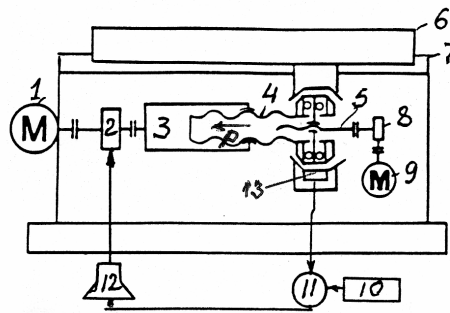


Рисунок 7 – Схема механізму подачі силового столу агрегатного верстата

Від силового електродвигуна 1 через силову муфту 2, гайку 3 і гвинт 4 несамогальмівної гвинтової передачі потужність підводиться до конічної опори столу. Від управляючого двигуна 9, через передаточний механізм 8 і гвинтову передачу 5 приводиться в рух внутрішня опора, яка дотикається конічною поверхнею до опори столу.

Замикання конічних поверхонь опори викликає утворення крутного моменту навантаження силового приводу і осьову силу у гвинтовій передачі 3-4. Ця рушійна сила переміщає стіл 6 у напрямку, який співпадає з напрямком обертання двигуна 1, що управляється шляховою автоматикою.

Під час роботи датчик 13 вимірює навантаження в опорі. Сигнал датчика подається у порівнюючий пристрій 11, куди одночасно подається сигнал із програмуючого пристрою 10. Результуючий сигнал через пристрій 12 управляє муфтою 2 силового привода.

Таким чином забезпечується виконання циклу роботи силового столу у відповідності з програмою без перенавантаження.

На рис. 8 показана схема привода подачі свердлильного верстата, який працює в режимі підсилювача потужності.

Силовий привід від електродвигуна 14 приєднаний до керованого диференціального механізму 13. Передаточні механізми 12 і 15 з'єднані відповідно з двома втулками 9 і 11. Втулка 9 і гвинт 10 зв'язані шпонкою, а втулка 11 спряжена з гвинтом через несамогальмівну гвинтову передачу: гвинт 10 з'єднаний із шпинделем 5 з інструментом, який обробляє заготовку 6.

Шпиндель, закріплений в пінолі 16 здійснює повний цикл зворотньо-поступальних рухів. Ці рухи забезпечує управляючий ланцюг, який складається із двигуна 8, передаточного механізму 7 і реєчної передачі 2-3.

В процесі обробки датчик 4 контролює деформацію (навантаження) напрямних пінолі. Сигнал датчика порівнюється за допомогою пристрою 18 з програмним сигналом пристрою 19. Результуючий сигнал через управляючий пристрій 17 змінює передаточне відношення диференціального механізму, який управляє потоками потужності в приводі головного руху. В результаті таких дій змінюється величина сили  $P_1$ , яка компенсує технологічне навантаження ( $P_x$ ). Таким чином, змінюючи співвідношення сил  $P_1$  і  $P_2$  можна отримати оптимальне по точності їхнє співвідношення.

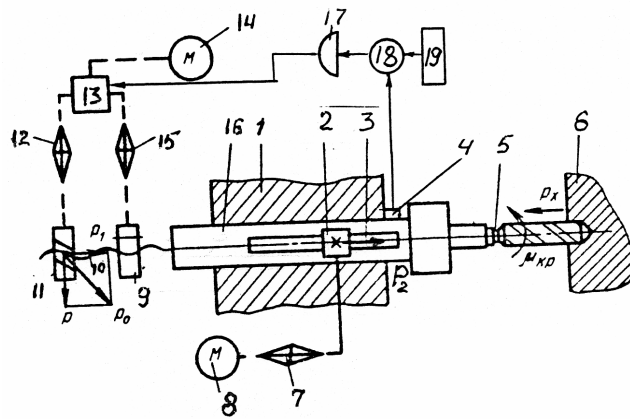


Рисунок 8 – Схема приводу подачі свердильного верстата

На рис. 9 показана двопрограмна система автоматичного управління швидкістю подачі шляхом оптимального по продуктивності обмеження швидкості поступального руху виконавчого органу.

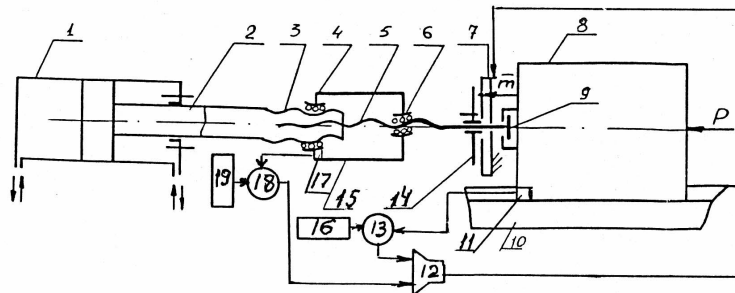


Рисунок 9 – Схема автоматичного управління приводу подачі

Силовий пневматичний циліндр 1 через поршень, шток 2 і гвинт 3, гайку 4, гвинт 5 і гайку 6 з'єднаний із опорою 9 виконавчого органу приводу подачі. Виконавчий орган 8 переміщується по напрямних станинах 10. На гвинті 5 встановлено ротор гальмівної муфти 7.

Під час роботи привода подачі кожний елемент циклу має свій параметр оптимального по продуктивності управління. Так в процесі холостих переміщень (швидке підведення і відведення) параметром оптимального управління є навантаження в механізмі поступальних рухів, що контролюється датчиком 17. Сигнал датчика подається на порівнювальний пристрій 18, де порівнюється з програмним сигналом пристрою 19. Одержаний результат через управляючий пристрій 12 змінює режим ковзання муфти 7 і в результаті змінює швидкість руху виконавчого органу 8. При робочій подачі оптимальним параметром управління є точність обробки, яка визначається величиною пружної деформації напрямних і контролюється датчиком 11. Сигнал датчика подається на порівнювальний пристрій 13 і одночасно подається сигнал програмного пристрою 16. Результуючий сигнал через пристрій 12 обмежує швидкість робочої подачі і таким чином знижує пружну деформацію в напрямних, підвищуючи точність обробки. Реверс привода здійснюється реверсом циліндра 1.

Перемикання структури управління здійснюється автоматично.

### Висновок

Таким чином, використання підвищувачів потужності механізмів подачі, дозволяє передавати потужність в приводах подачі декількома кінематичними

ланцюгами, що дає можливість підвищити точність і довговічність приводу шляхом розвантаження напрямних та інших механізмів верстатів.

## Список літератури

1. В. М. Пестунов, Е. А. Кариков, Повышение точности и производительности металлорежущих станков. – К.: Техника, 1979. – 96 с.
2. В. М. Пестунов, Ф. К. Королев, К вопросу об исследовании механизма подачи силовой головки агрегатных станков. – Харьков.: Труды Харьковского политехн. института, 1963, - 25 с.

В статье рассматриваются различные механизмы подачи оснащенных усилителями мощности и принципы их работы с автоматическим регулированием нагрузки с целью обеспечения точности обработки и производительности. Приведенные в статье механизмы впервые применяются на станочных системах с целью повышения эффективности их работы.

In the article the different constructions of serve are examined equipped the strengtheners of power and principles of their work self-adjusting loading with the purpose of providing of exactness of treatment and productivity. The mechanisms resulted in the article are first used on the machine-tool systems with the purpose of increase of efficiency of their work.